



PATENT
B588-034

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) : Norio Kaneko, et al.
Serial No. : 10/647,412
Filed : August 25, 2003
For : COMPLEX FUNCTIONAL DEVICE AND METHOD OF
MANUFACTURING THE SAME, AND HAPTIC INFORMATION
SYSTEM AND INFORMATION INPUT APPARATUS COMPRISING
THAT COMPLEX FUNCTIONAL DEVICE
Examiner : Unassigned
Art Unit : 2831

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

CLAIM TO BENEFIT OF 35 U.S.C. § 119
AND FILING OF PRIORITY DOCUMENTS

Claim is made herein to the benefit of 35 U.S.C. § 119 of the filing date of the following Japanese Patent Applications: 2002-245299 (filed August 26, 2002), 2002-261533 (filed September 6, 2002), and 2002-314743 (filed October 29, 2002), certified copies of which are filed herewith.

Dated: March 9, 2004

Respectfully submitted,

Signature

A handwritten signature in black ink that reads "John J. Torrente". The signature is written in a cursive style with a large, stylized "J" at the beginning.

ROBIN, BLECKER & DALEY
330 Madison Avenue
New York, New York 10017
(212) 682-9640

John J. Torrente
Registration No. 26,359
An Attorney of Record

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 8月26日
Date of Application:

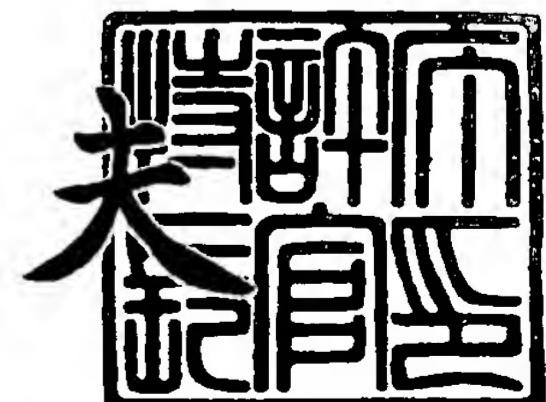
出願番号 特願2002-245299
Application Number:
[ST. 10/C] : [JP2002-245299]

出願人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2003年 9月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



【書類名】 特許願
【整理番号】 4740058
【提出日】 平成14年 8月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04N 5/00
【発明の名称】 複合機能デバイス及び触覚情報システム
【請求項の数】 14
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 金子 典夫
【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代理人】
【識別番号】 100090273
【弁理士】
【氏名又は名称】 國分 孝悦
【電話番号】 03-3590-8901
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035493
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9705348
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複合機能デバイス及び触覚情報システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数種の触覚情報に対応する各触覚情報部を有する触覚情報素子を備えており、

前記各触覚情報部は、

対応する前記触覚情報を検出する第 1 の機能と、

検出された前記触覚情報の一部又は全てを再現する第 2 の機能とを含むことを特徴とする複合機能デバイス。

【請求項 2】 前記各触覚情報部は、それぞれ複数の電極対を有しており、前記第 1 の機能は、前記電極対を介して前記触覚情報の検出信号を得るものであり、

前記第 2 の機能は、外部電源から前記電極対を介して電力を投入することにより、前記触覚情報の一部又は全てを前記検出信号と同じ物理量又は異なる物理量に変換して再現するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の複合機能デバイス。

【請求項 3】 前記電極対が金属酸化物を介して形成されており、前記金属酸化物により前記検出信号を検知することを特徴とする請求項 2 に記載の複合機能デバイス。

【請求項 4】 前記金属酸化物が強誘電体または焦電体であることを特徴とする請求項 3 に記載の複合機能デバイス。

【請求項 5】 前記各触覚情報が温度と圧力であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の複合機能デバイス。

【請求項 6】 少なくとも前記各触覚情報を圧力とする前記触覚情報部が片持ち梁の弾性体上に形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の複合機能デバイス。

【請求項 7】 前記各触覚情報を圧力とする前記触覚情報部は、印加された圧力の周波数及び振幅を検出し、且つ外部電源により前記検出信号又は予め設定された圧力情報に応じた周波数及び振幅で機械的変位することを特徴とする請求

項5又は6に記載の複合機能デバイス。

【請求項8】 前記触覚情報素子は、片持ち梁形状の弾性体上に形成された電極／金属酸化物／電極構成の複数の積層体からなることを特徴とする請求項5に記載の複合機能デバイス。

【請求項9】 前記触覚情報素子は、片持ち梁形状の弾性体上に形成された電極／金属酸化物／電極構成の複数の積層体及び前記弾性体の周辺に配された他の前記積層体からなることを特徴とする請求項5に記載の複合機能デバイス。

【請求項10】 前記積層体からの出力で前記触覚情報を検出し、且つ外部電源から前記積層体に電力を投入することにより、前記検出信号の一部又は全てを前記検出信号と同じ物理量または異なる物理量に変換して再現することを特徴とする請求項8又は9に記載の複合機能デバイス。

【請求項11】 片持ち梁形状の複数の前記弾性体が互いに回転対称の関係で配置されていることを特徴とする請求項8～10のいずれか1項に記載の複合機能デバイス。

【請求項12】 複数の前記触覚情報素子が1次元状又は2次元状に配列されてなることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の複合機能デバイス。

【請求項13】 請求項1～12のいずれか1項に記載の複合機能デバイスと、

前記各触覚情報素子からの信号が入力される入力制御回路と、
前記信号を記憶し、これに情報処理を施すメモリ／演算処理回路と、
前記メモリ／演算処理回路から前記信号を引き出し前記複合機能デバイスに出力する出力制御回路と
を含む触覚情報システム。

【請求項14】 外部との間で前記信号の送受信を行う通信回路を含むことを特徴とする請求項13に記載の触覚情報システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、温度や圧力等の触覚に係わる情報（触覚情報）を検出する複合機能デバイス及び触覚情報システムに関し、特に、各種プリンターや複写機、LBPなどの記録メディア判別あるいはパソコン、PDA、携帯電話に代表される情報機器のタッチパネルを始めとして、食品用ロボット、医療用ロボット、各種産業用ロボット、あるいは各種セキュリティシステムに適用して好適である。

【0002】

【従来の技術】

従来の触覚に関するデバイスは、多くが圧力情報を電気信号に変換するものであり、その代表的なデバイスとしては、感圧導電性エラストマーなどを用いた容量検知や電気抵抗変化を検出するものである。例えば、特開平5-81977号公報には、感圧導電性エラストマーの一方には電極を設け、他方に接触用凸部を有する接触子を配置して、該接触子に圧力が印加されると感圧導電性エラストマーの電気抵抗が変化することを利用した触覚センサーが提案されている。

【0003】

また、特開平5-215625号公報には、コンデンサーの原理を利用して、電極間にエラストマーを配置し、圧力によりエラストマーが変形することによる容量変化を検出する触覚センサーが提案されている。特開平9-203671号公報には、圧電体を用いた温度及び3軸方向の圧力を検出する触覚センサーが提案されている。

【0004】

更に、特開平5-216568号公報には、温度と圧力を同時に取り扱うことができる触覚入出力装置が記載されている。これは、圧力センサー、圧力アクチュエータ及び温度センサーを針状形状とし、これらを一組にしたものを作成して高密度に配列して、コンピュータとのインターフェースとして用いるものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平5-81977号公報及び特開平5-215625号公報の触覚センサーは1次元方向の圧力を検知することはできるが、3次元方向の

圧力を検出することはできない。また、特開平9-203671号公報は温度及び3次元方向の圧力検知は可能であるが、検出した信号や予め選択された圧力情報を表現することはできない。

【0006】

また、特開平5-216568号公報では、圧力と温度情報を同時に取り扱うことができるが、針状物を利用するため耐久性や信頼性の面で問題があった。即ち、3種類の針状センサーとアクチュエータは、いずれも人間の触覚分解能、例えば指先であれば概略 $300\mu m$ よりも小さなデバイスであり、ひとつの針状物は極めて細いものになってしまう。このため、これらの機械的強度は低くなってしまう。従って、外部からの情報を検出することはできるが、材料的な工夫をしたとしても機械的強度が小さいために、破損する危険性が高く、特に、人間に信号を伝達するに必要な強い力を発生することにも課題があった。更に、どれかひとつが破損すると触覚デバイスとしての機能を失ってしまう。

【0007】

本発明は、温度や圧力等の各種触覚情報について、各種の凹凸パターン、紙などの表面状態、情報機器への入力デバイスなど、異なる分野の幅広い用途に人間の持つ触覚により近い情報処理を安易にデバイスを損ねることなく可能とする複合機能デバイス及び触覚情報システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の複合機能デバイスは、複数種の触覚情報に対応する各触覚情報部を有する触覚情報素子を備えており、前記各触覚情報部は、対応する前記触覚情報を検出する第1の機能と、検出された前記触覚情報の一部又は全てを再現する第2の機能とを含む。

【0009】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記各触覚情報部は、それぞれ複数の電極対を有しており、前記第1の機能は、前記電極対を介して前記触覚情報の検出信号を得るものであり、前記第2の機能は、外部電源から前記電極対を介して電力を投入することにより、前記触覚情報の一部又は全てを前記検出信号と同

じ物理量又は異なる物理量に変換して再現するものである。

【0010】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記電極対が金属酸化物を介して形成されており、前記金属酸化物により前記検出信号を検知する。

【0011】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記金属酸化物が強誘電体または焦電体である。

【0012】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記各触覚情報が温度と圧力である。

【0013】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、少なくとも前記各触覚情報を圧力とする前記触覚情報部が片持ち梁の弾性体上に形成されている。

【0014】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記各触覚情報を圧力とする前記触覚情報部は、印加された圧力の周波数及び振幅を検出し、且つ外部電源により前記検出信号又は予め設定された圧力情報に応じた周波数及び振幅で機械的変位する。

【0015】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記触覚情報素子は、片持ち梁形状の弾性体上に形成された電極／金属酸化物／電極構成の複数の積層体からなる。

【0016】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記触覚情報素子は、片持ち梁形状の弾性体上に形成された電極／金属酸化物／電極構成の複数の積層体及び前記弾性体の周辺に配された他の前記積層体からなる。

【0017】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、前記積層体からの出力で前記触覚情報を検出し、且つ外部電源から前記積層体に電力を投入することにより、前記検出信号の一部又は全てを前記検出信号と同じ物理量または異なる物理量に変換し

て再現する。

【0018】

本発明の複合機能デバイスの一態様では、片持ち梁形状の複数の前記弾性体が互いに回転対称の関係で配置されている。

【0019】

本発明の複合機能デバイスの一態様は、複数の前記触覚情報素子が1次元状又は2次元状に配列されてなるものである。

【0020】

本発明の触覚情報システムは、前記複合機能デバイスと、前記各触覚情報素子からの信号が入力される入力制御回路と、前記信号を記憶し、これに情報処理を施すメモリ／演算処理回路と、前記メモリ／演算処理回路から前記信号を引き出し前記複合機能デバイスに出力する出力制御回路とを含む。

【0021】

本発明の触覚情報システムの一態様は、外部との間で前記信号の送受信を行う通信回路を含む。

【0022】

本発明では、温度及び圧力のどちらに対しても応答する強誘電体あるいは焦電体を用いて、同一の触覚情報素子により温度、圧力という複数の情報を同時に取り扱うことを可能とする。更に、情報を検出するだけでなく、強誘電体あるいは焦電体を片持ち梁または両持ち梁という宇宙構造上に設けることにより、検出した情報の一部または全てを外部電源による制御で表現することも可能とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

図1を用いて本実施形態を説明する。

図1で示す触覚情報素子において、5は基板であり、シリコン、ガラス、金属、プラスチックなどの材料である。4は弾性体であり、シリコン、ガラス、金属、プラスチックなどの材料である。4と5又は2と4は同一材料を用いてもかまわない。3は金属酸化物であり、強誘電体あるいは焦電体であれば、如何なる組

成でも構わない。1、2は電極であり、便宜上、1を上電極、2を下電極と呼ぶことにする。図1において、左端部の触覚情報部が垂直方向の圧力を、中央部の触覚情報部が水平方向の圧力を、右端部の触覚情報部が温度をそれぞれ検出し、更にこれらの触覚情報を再現する機能を有する。

【0024】

金属酸化物材料をチタン酸ジルコン酸鉛（以下、PZTと称する。）のような強誘電体とした場合を例にすると、PZTを通常の薄膜技術でc軸配向膜を作製すると、電極1、2で挟まれた左端部ではPZTの有する圧電物性d₃₃を利用することにより、PZTに垂直方向に印加された圧力を電極1、2を利用して検知することができる。また、中央部分ではPZTの圧電物性d₃₁、d₁₅、d₂₄などを利用することにより、PZTに埋め込まれた電極対により水平方向に印加された圧力を検知することができる。右端部ではPZTの有する焦電性を利用することにより電極1、2間に発生する電圧で温度を検知することができる。

【0025】

図1では、金属酸化物3及び下電極2が3つに分離されているが、一部だけが分離されていても良い。また、弾性体4に金属など電気伝導性のある材料を使用する場合には、電極2と弾性体4の間に絶縁体を設けても良いことは言うまでもない。弾性体、基板、金属酸化物、電極の厚さや面積は、用途により適切な大きさを選択すれば良い。例えば、ある物体が0.4から1.0kg/cm²程度の圧力で本発明の複合機能デバイスに接触し、室温から±30℃程度の温度を測定するような場合には、電極と金属酸化物の積層体全体の厚さは、一般には0.01から3.0mm程度であれば良い。

【0026】

また、図1の左部における片持ち梁部の固定端から先端までの長さは、圧力検知する場合には制限はないのだが、圧力情報を再現する場合に上下方向の変位量が概ね10μm以上ある方が人間には感じやすい。この変位を得るために、金属酸化物としてPZTを用いる場合には、概ね固定端から先端までの長さは100μm程度以上あれば良い。

【0027】

次に、本実施形態における複合機能デバイスの作製方法を図10に示す。

ここでは、基板1に2μmの厚さの熱酸化膜（酸化シリコン）を有するシリコンウエハーを用いた。この熱酸化膜（図10では省略する。）を弾性体として使用する。まず、下電極としてPt/Ti（Pt:500nm、Ti:8nm厚さ）をPFスパッタ法で形成し、ついで金属酸化物として（Pb、La）（Zr、Ti）O₃（以下、PLZTと略す）をRFスパッタ法で形成した（図10（1）、（2））。

【0028】

本実施形態では、Pb/La=95/5 atomic%、Zr/Ti=30/70 atomic%となるよう組成制御し、膜厚は4μmとした。レジスト（例えば、AZ4620など）を用いて、PLZTをフッ酸と硝酸の混合水溶液で図10（4）のようにパターニングする。PLZTのエッチングによる深さは500nmとした。酸素プラズマでレジストを除去してから、上電極を形成する（図10（6））。上電極は、下電極と同じ材料を用い、膜厚も同じとした。

【0029】

次いで、電極と金属酸化物を準じパターニングした（図10（8）、図10（10））。パターニング条件は、電極はArプラズマによるドライエッチングでPLZTはフッ酸と硝酸の混合水溶液を用いたウェットエッチングで行った。このときに使用したレジストを除去した後、シリコン基板のエッチングを行った（図10（14））。このときのマスクとしては窒化シリコン膜をLPCVDで形成し、レジスト（AZ1500）でパターニングしてから、CF₄プラズマでエッチングした。その後、水酸化カリウム水溶液でシリコン基板を除去し、レジストを除去、レジスト塗布を行い片持ち梁とする部分の電極をドライエッチングで除去した。

【0030】

上記の作製方法では、上下電極は同じ材料、同じ膜厚としたが、これに限定されるものではない。上下電極は、異なる材料であっても何ら問題はない。電極としては、金属以外でも例えば導電性酸化物や導電性ポリマーなどであっても良い。片持ち梁部では、下電極と弾性体の積層体の合計膜厚又はヤング率が上電極と異なる、あるいは下電極又は弾性体と上電極の面積が異なることが必要であるが、弾性体と下電極は同じ材料でも異なる材料でも構わない。

【0031】

金属酸化物としては、強誘電体又は焦電などであれば何でも使用できる。例えば、PZT、PLZT、チタン酸バリウム、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、チタン酸ビスマスやこれらに各種の金属元素を添加した材料、更には、これらの混晶（例えば、 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$ 、0.7Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - PbTiO₃、0.7Pb(Co_{1/3}Nb_{2/3})O₃ - Pb(Zr, Ti)O₃など）である。

【0032】

この触覚情報素子8を、図4または図5に示すように、1次元または2次元に配列することにより、温度と圧力の同時検出、即ち人間の五感に例えると触覚に相当する情報（触覚情報）を検出する1次元または2次元の複合機能デバイスを構成することができる。

【0033】

具体的には、図9の触覚情報システムの構成例に示すように、 $m \times n$ ($m \geq 0$ 、 $n \geq 0$ かつ m と n は同時に0にはならない) に触覚情報素子8を配列し、これら触覚情報素子8からなる複合機能デバイス20に何らかの物体が触れた場合、各触覚情報素子8からの出力はアドレスコントローラ21より入力制御回路22に信号が送られ、増幅、ノイズ処理などを必要な信号処理を行った後にメモリ／演算処理回路23で所望の情報処理が行われる。情報処理された各素子からの出力は、メモリで保存され、必要により通信回路24を用いて例えばインターネット経由でコンピュータなどに送信することができる。一方、既にメモリに保存されていた情報あるいは通信回路24によりインターネット経由などで送られてメモリに保存されていた情報を引き出すときには、出力制御回路25を用いてアドレスコントローラ21を経由して複合機能デバイス20に信号を与える。

【0034】

このことにより、圧力検出部分が圧電素子として機械的変移をするため、デバイス表面に触れることにより、保存情報を感じることができる。この際に、温度検出部分は上下電極に電圧を印加することにより圧力情報の表示部として機能することも可能である。

【0035】

そして、例えば2次元に配列した多数の触覚情報素子8のある部分9に何らかの物体が接触し、その後、矢印で示したような様々な方向に当該物体が移動するときには、アドレスコントローラ21より各触覚情報素子8の出力を順次入力制御回路で読み取ることにより、移動方向と温度、圧力情報を検出できる。触覚情報素子8の配列間隔は、用途により決定すれば良いのだが、例えば、人間の指紋などを検出する場合には、概ね $50\mu m$ 程度であれば良い。また、PDAなど情報端末機器のタッチパネルとして使用するような場合には、圧力情報だけを取り出せばよく、素子間隔も0.1から10mm程度であれば良い。触覚情報素子8の数は、目的により設定すればよく、制限は何もない。

【0036】

圧力を表示する場合には、左端部の電極1と2の間に输出制御回路からアドレスコントローラを経由して所望の触覚情報素子8に電圧を印加することにより、電極／金属酸化物／電極の積層体を上下に変形させたり、電圧の印加方法を変化させて振動や音として圧力情報を表現することが可能である。水平方向の圧力の場合にも、1対の電極1と電極2を用いて、上下方向の変位または振動、音として圧力情報を表現することができる。また、圧力情報を表現する場合には、例えばこのような機械的変位を増大させるような機構を当該複合機能デバイスと組み合わせても良い。

【0037】

温度検知に関しては、絶対値としての温度を測定する場合と相対的な温度変化を測定することがあるが、図1には原則として相対的な温度測定をする場合の素子断面構造の原理を示してある。即ち、焦電体で温度検出は、相対温度を検出するためである。絶対温度を測定するような場合には、検出部周辺にサーミスタや熱電対などの標準となる温度センサを設置するか、あるいは測定に際して予め標準値を演算処理回路に入力しておけば良い。また、温度の再現は、水平方向の圧力を検出した部分を用いて行う。圧力検知では1対の上電極1を用いたが、温度再現には下電極と上電極にパルス電圧を印加されることにより熱の発生を行う。金属酸化物が絶縁破壊しない電圧印加であれば、印加する電圧に制限はない。

【0038】

(第2の実施形態)

図2に本発明の複合機能素子の断面構造原理図を示す。

本実施形態では、金属酸化物3は、弾性体4に電極2を介して取り付けられている。この弾性体は、電極と同じ材料でもよく、異なる材料でも良い。弾性体の材料に係わらず、下電極と弾性体の積層体の厚さや面積が上電極と異なるか、あるいはそれらのヤング率が異なるようにして、片持ち梁を外部電源により上下方向に変形できるようにすれば良い。

【0039】

図2の触覚情報素子の平面構成を図3に示す。

この図3では、6で示した互いに90°に交差している片持ち梁に取り付けられた電極/金属酸化物/電極の積層体4個で1素子を構成したが、各片持ち梁に取り付けられた電極/金属酸化物/電極/弾性体の積層体からの電気信号を処理して必要な次元の空間情報に変換するに必要な数であればよく、4個に限定されるものではない。例えば、3個の片持ち梁を3回対象、即ち120℃に互いが対向するようにしてもよく、2個の片持ち梁を2回対象に配置しても良い。図3では、片持ち梁の中央部が宙空部に設けられているが、逆に片持ち梁を中央から放射状に配置しても良いことも自明である。

【0040】

また、図中7は電極/金属酸化物/電極から構成された積層体であり、温度を検出するものである。この図では、1箇所に設けてあるが、1箇所に限定されるものではない。温度を検出する部分には、不図示の赤外線対応の光学系を配置して、外部からの赤外線が効率よく集光させても良い。更に、相対的温度変化を検出する場合には、複数の片持ち梁に形成された電極／金属酸化物／電極からの出力を比較すれば7は省略しても良い。また、図2では片持ち梁が基板に対して水平に記載してあるが、基板、弾性体、電極及び金属酸化物の界面応力をを利用して基板に対して上側に湾曲させても何も問題はない。

【0041】

電極／金属酸化物／電極／弾性体の積層体の各層の厚さには、特に制限がある

わけではないが、一般には電極／積層体=0.5程度以下が望ましい。小さな圧力を検知したり、大きな振幅で変位させるような場合には、宙空構造部に張り出した梁の長さが長い方が良いが、用途により必要な機械的強度、信号検出感度、必要変位量などにより決定すれば良い。金属酸化物材料にPZTを使用し、機械的変位量を10 μm 程度以上にするには、PZTの膜厚は概ね3 μm —3mm程度、片持ち梁の長さは100 μm —1mm程度であれば良い。更に、片持ち梁の先端部に棒状の物体を取り付けて機械的変位を感じやすくしてもよく、また、てこの原理を応用した機械的変位の増幅機能を附加しても良いことは言うまでもない。

【0042】

温度を検知する触覚情報部は、図2では弾性体4の上に形成したが、高速測定を行ったり、繰り返し測定を行う場合には、基板を宙空構造として検出部分の熱容量を少なくすれば良い。

【0043】

次に、本実施形態の複合機能デバイスの作製方法について述べる。図11に作製フローを示す。

先ず、基板Si上に弾性体を形成する。弾性体は酸化シリコンであり、RFスパッタ法で2 μm 形成した(図11(1))。下電極としてPt/TiをRFスパッタ法でTiを6nm、Ptを300nmの厚さに成膜した(図11(2))。

【0044】

その後、金属酸化物材料を形成する。形成手段としては、真空蒸着法、各種スパッタ法、MO-CVD法、ゾルゲル法、イオンビーム蒸着法、ガスジェット法など、通常の薄膜形成手段であれば何でも良いが、ここではゾルゲル法で0.7Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃—0.3PbTiO₃を形成した。この場合、1回の塗布では約100nm程度の膜厚のため、塗布、乾燥を繰り返して最終的に4 μm の膜厚とした後に、酸素雰囲気中で650℃で5時間熱処理して金属酸化物材料とした(図11(3))。上電極は、Pt/Tiを用い、Tiは5nm、Ptは200nmでいずれもRFスパッタ法で形成した。ノボラック系ポジレジストでパターニングして、Ptはアルゴンプラズマ、TiはSF₆プラズマでドライエッチングした(

図11(6)。

【0045】

その後、フッ酸と硝酸の混合水溶液で金属酸化物 $0.7 \text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.3 \text{PbTiO}_3$ をエッチングした(図11(7))。窒化シリコンを低圧CVDで形成してマスクとし、AZ1500などのレジストを用いて CF_4 プラズマでマスクのパターニングを行った後、基板Si(100)を水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングした(図11(10))。最後に、弾性体の酸化シリコンをフッ酸と硝酸の混合水溶液を用いてエッチングして宙空構造を形成した(図11(11))。

【0046】

このようにして作製した図2の触覚情報素子を、1次元又は2次元に配列して使用することにより、触覚に関連する圧力、温度情報を1次元又は2次元で検出／再現させることができる。温度、圧力信号の検出は、図9に示すようにアドレスコントローラ21から信号増幅やノイズカットを行う入力制御回路22を経てメモリ／演算処理回路23で必要な信号処理を行って保存される。信号の再現は、メモリで保存されていた信号を出力制御回路25でアドレスコントローラ21を経由して複合機能デバイス20を駆動させて行う。図3の6は、出力制御回路25からの電圧に応じて、それぞれが独立した上下変位を行うことができ、これにより垂直/水平方向の圧力情報を再現することができる。また、再現した情報は必ずしも触れて感じ取る必要はなく、例えば出力制御回路25からの出力の周波数を制御して音として再現することも可能である。

【0047】

本実施形態の複合機能デバイスは、平面状に配置される必要はなく、曲面に配置されても良いことは言うまでもない。更に、この複合機能デバイスで使用材料を可視光に対して透明度の高いものとすれば、液晶ディスプレイのような映像ディスプレイと積層して、映像と触覚情報を重ねて表示するようなことも可能である。例えば、基板、弾性体は感光性ガラス、電極は上下ともにITOなどの透明材料とすれば、金属酸化物が通常の強誘電体であれば、全体として透過率50%程度以上のデバイスとなる。図2のような構成では、片持ち梁部分以外は、中空

になっているために、更に映像ディスプレイの映像を鮮明に見ることができる。

【0048】

以上のような複合機能デバイスに、紙、布、皮、プラスチック、金属、あるいはこれらの加工品などの物体を押し付け、又はこすり付けることにより、接触した物体の表面状態を調べることができる。もちろん、各種情報処理装置のタッチパネルや手書き入力装置、あるいは指紋センサや赤外線センサとして使うことも可能である。また、温度検出部分では、物体が接触しない場合には、その周辺の温度を計測する温度計としても使用可能である。更に、温度検出部分のみを1次元あるいは2次元の温度センサとして、接触させた物体の温度分布を測定することもできる。

【0049】

【実施例】

以下、実施例により本発明をより具体的に説明する。

【0050】

(実施例1)

図1に示す触覚情報素子において、4、5は同一材料でともにシリコン単結晶であり、ここでは100面を切り出したものを異方性エッティングにより図のような断面形状に加工した。3は金属酸化物で、(Pb、La) (Zr、Ti) O₃(以下、PLZTと略す)を用いた。本発明では、Pb/La=95/5 atomic%、Zr/Ti=30/70 atomic%になるように組成を調整した。1、2は電極であり、共にチタン/白金の積層電極を用いた。

【0051】

触覚情報素子の作製手順は、図10に示すように、先ずシリコン(100)単結晶5に酸化珪素を熱酸化により形成し、弾性体4とした。次いで、電極2としてチタン20nm、白金200nmを連続してRFスパッタ法で作製した。この電極上にPLZTを5μmの厚さにPFスパッタ法で作製した。ドライエッティングにより、PLZTと電極2をパターニングし、更に水平方向の圧力を検知する部分に深さ1μmの溝を形成した。上電極1を通常のフォトリソグラフィー技術を用いて図1のように作製した。最後に、背面から異方性エッティングにより、基板5をエッチ

ングして宙空構造を形成し、不図示の配線を用いて不図示の外部回路に接続して素子を作製した。

【0052】

この複合機能デバイスの機能を確認するために、300個の触覚情報素子を図4のように1次元に配列してラインセンサーとした。ここでは、3つの部分の大きさは、幅を $50\mu\text{m}$ 、長さを $300\mu\text{m}$ としたので作製した1次元に配列した複合機能デバイスのセンサー部分は、45mmの幅になる。

【0053】

このセンサー部分に、図6に示すようなシリコンウェハーをエッチングし、幅 $a=300\mu\text{m}$ 、高さ $4\mu\text{m}$ 、間隔 $b=1\text{mm}$ 、 $\theta=45^\circ$ の直線ストライプパターン（A-A'による断面図を図7に示す。）を形成したものを圧力 0.5kg/cm^2 の圧力で接触させた。このとき、図6のB点（パターンのエッジ部）が、当該センサー部分の左端に配された触覚情報素子の垂直方向の圧力検知部と一致するようにして、センサー部分を $50\mu\text{m}/\text{秒}$ の速度で図6の矢印の方向に移動させた。信号の読み取りは、図9の入力制御回路22により行った。このとき、左端に配された触覚情報素子の垂直方向の圧力検知部分からの出力は、図8に示すように変化し、ストライプパターンが触覚情報素子に接触している面積に比例した出力が得られていることが確認された。

【0054】

更に、各触覚情報素子からの出力はセンサー部分の移動に応じて、順次、センサー部分の左端から右端に変化させた。その後、図9の出力制御回路25により、片持ち梁部分に電圧を印加しながら、指でセンサーに触れると、上下振動を感じ取ることができ、また、各素子からの出力の時間変化を再現するように上下振動が左端から右端の触覚情報素子に移動してゆくことが確認された。

【0055】

(実施例2)

図2に触覚情報素子の断面構造原理図を、図11に作製手順を示す。

この図2において、基板5は感光性ガラス、弾性体4は5と同じ材料を用いた。1, 2は電極であり、2はCr/Ti/Pt、金属酸化物3を介した電極1はTi/Pt構

成とした。これら電極はいずれもPFスパッタ法で形成した。本例では、金属酸化物は $0.7\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.3\text{PbTiO}_3$ であり、ゾルゲル法により形成した。4は厚さ $5\mu\text{m}$ 、金属酸化物3の厚さは $6\mu\text{m}$ とした。基板5及び弾性体4のパターニングは通常の湿式エッチングで、また電極1, 2及び金属酸化物3のパターニングは通常の乾式エッチングで行った。電極1／金属酸化物3／電極2を取り付けた片持ち梁部分の長さは $300\mu\text{m}$ 、幅は $80\mu\text{m}$ である。この片持ち梁を4個、互いに 90° になるように配置した。

【0056】

この触覚情報素子の性能を調べるために、素子を縦横それぞれ100個づつ並べて2次元センサーとした。また、この2次元センサーの表面から 0.1mm 離してセンサー全体を覆うようにポリマー保護膜を設けた。電極1, 2を不図示の配線で図9に示すようにアドレスコントローラ21を経由して入力制御回路、出力制御回路、メモリ/演算処理回路、通信回路と接続した。

【0057】

市販のコピー用紙であるFB75 (FoxRiverBond製) とXx90 (Xerox製) を本例の複合機能デバイスに 0.8k g/m^2 程度の圧力で5秒間接触させた。その後、図5のX方向に 0.5s/cm で10秒間移動させた。このとき、5秒間の接触により垂直方向の圧力を検知する部分からの出力を測定すると、FB75の場合には、出力の変動は最大 32.2% であった。

【0058】

これに対して、水平方向の圧力を検出する部分からの出力は、出力変動が大きく変動幅は相対的に約 25% であった。一方、Xx90からの出力の相対変動幅は、垂直方向では約 15% で、水平方向の圧力では 10% の変動が観測された。また、温度検出部分からの出力からX方向への移動による温度上昇を見積もると、FB75では最大 3.5°C の温度上昇が観測された。Xx90の場合には、最大 1.2°C の温度上昇であった。このコピー用紙の表面をレーザ顕微鏡で観察すると、FB75は概略 $9.3\mu\text{m}$ の凹凸があり、数 $10 \sim 100\mu\text{m}$ の大きなうねりが観測され、Xx90は凹凸が約 $8.9\mu\text{m}$ でうねりのピッチが数ミクロン程度以下であった。このことは、本例の複合機能デバイスの測定結果と一致し、FB75の表面

は、Xx90に比べて用紙全体の凹凸が大きいことを示している。

【0059】

垂直方向に5秒間接触させたときの各触覚情報素子の検出電圧に基づいて、外部電源から片持ち梁に形成された積層体に出力制御回路から電圧を印加して、片持ち梁を上方向に曲げた。この状態でセンサー表面を指でなぞると、FB75では全体に凹凸感が強く感じられ、Xx90は比較的平坦であった。この間隔は、指で両者の紙を挟んでこすった時の凹凸間隔と類似していた。

【0060】

【発明の効果】

本発明によれば、温度や圧力等の各種触覚情報を同時に検出するとともにこれらの情報を再現する機能を有し、これにより、各種の凹凸パターン、紙などの表面状態、情報機器への入力デバイスなど、異なる分野の幅広い用途に人間の持つ触覚により近い情報処理を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の複合機能デバイスの触覚情報素子を示す概略断面図である。

【図2】

本発明の複合機能デバイスの触覚情報素子を示す概略断面図である。

【図3】

本発明の複合機能デバイスの触覚情報素子を示す概略平面図である。

【図4】

触覚情報素子を1次元に配列してラインセンサーを構成した様子を示す概略平面図である。

【図5】

触覚情報素子を1次元に配列して二次元センサーを構成した様子を示す概略平面図である。

【図6】

本発明の複合機能デバイスの測定資料を示す模式図である。

【図7】

図6のA-A'による断面図である。

【図8】

本発明の複合機能デバイスを用いた圧力検出例を示す特性図である。

【図9】

本発明の複合機能デバイスを含む触覚情報システムの一構成例を示すブロック図である。

【図10】

本発明の複合機能デバイスの作製手順を示す概略断面図である。

【図11】

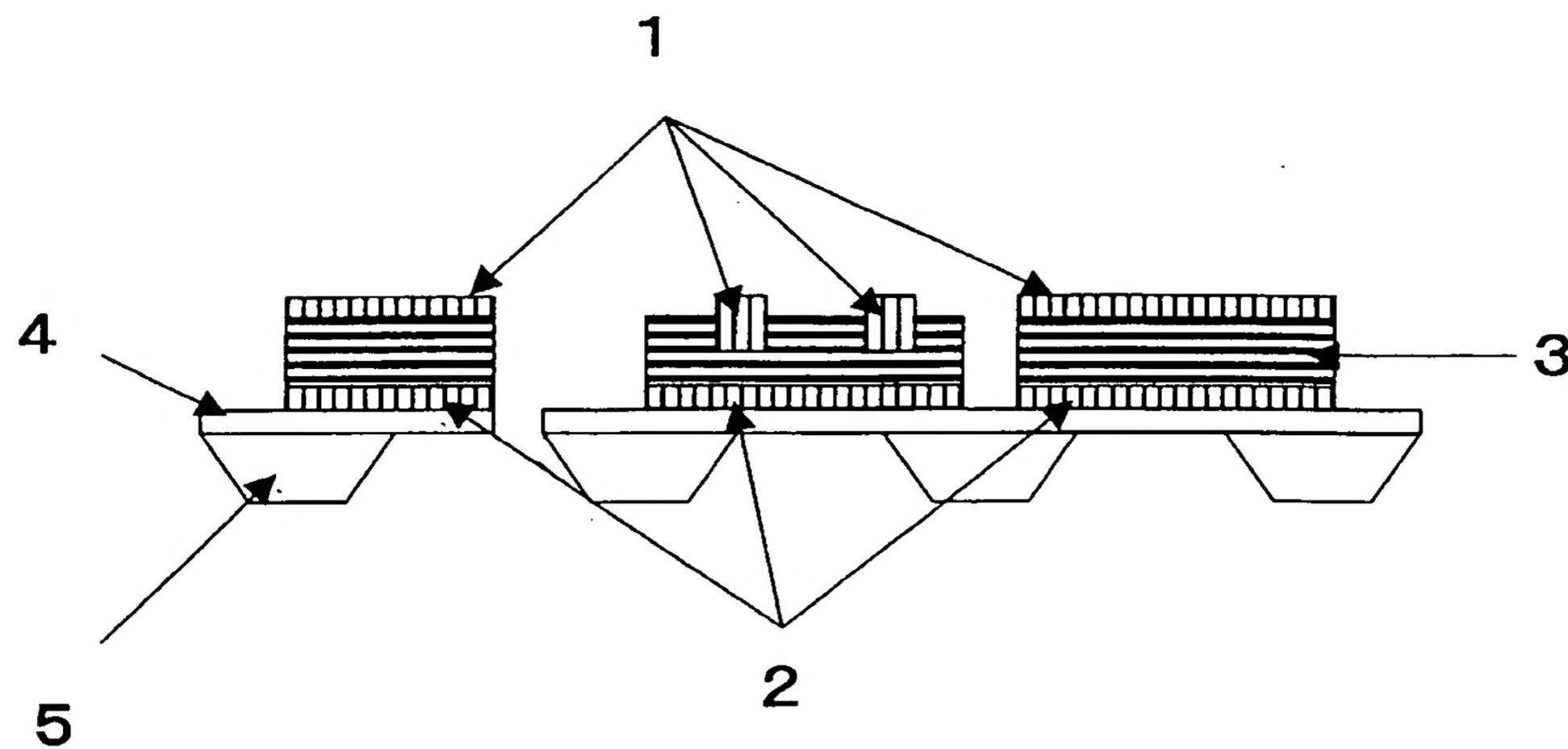
本発明の複合機能デバイスの作製手順を示す概略断面図である。

【符号の説明】

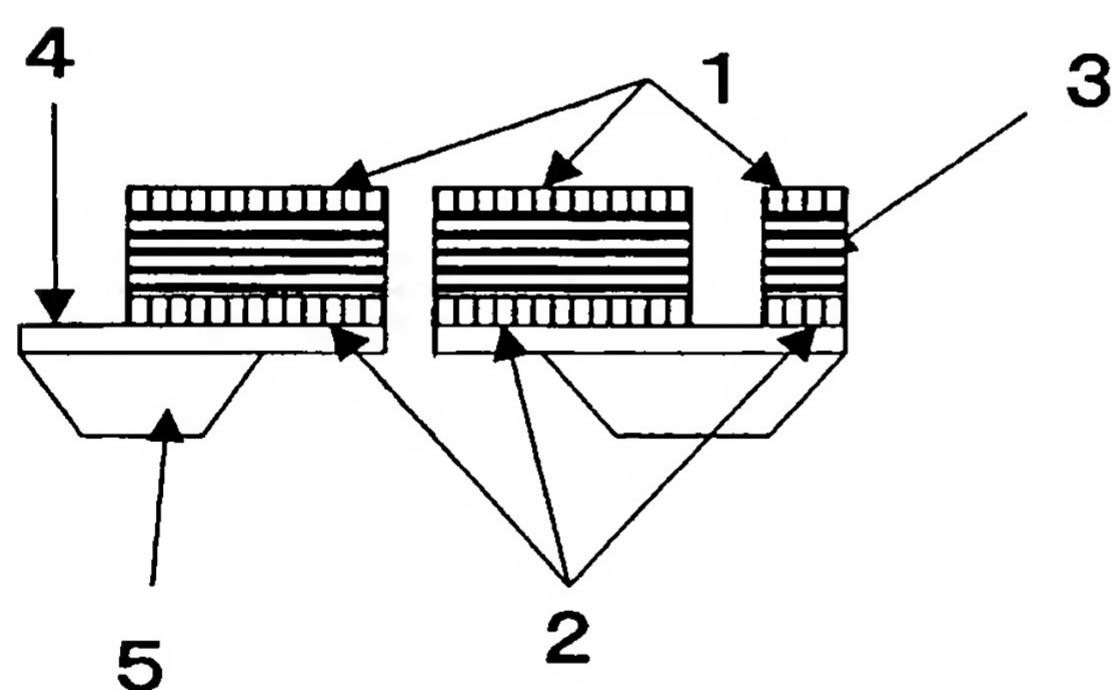
- 1, 2 電極
- 3 金属酸化物
- 4 弹性体
- 5, 10 基板
- 6 片持ち梁状に形成した電極/金属酸化物/電極構造の積層体
- 7 電極/金属酸化物/電極構造の積層
- 8 触覚情報素子
- 9 接触部分
- 11 パターニング凸部
- 20 複合機能デバイス
- 21 アドレスコントローラ
- 22 入力制御回路
- 23 メモリ／演算処理回路
- 24 通信回路
- 25 出力制御回路

【書類名】 図面

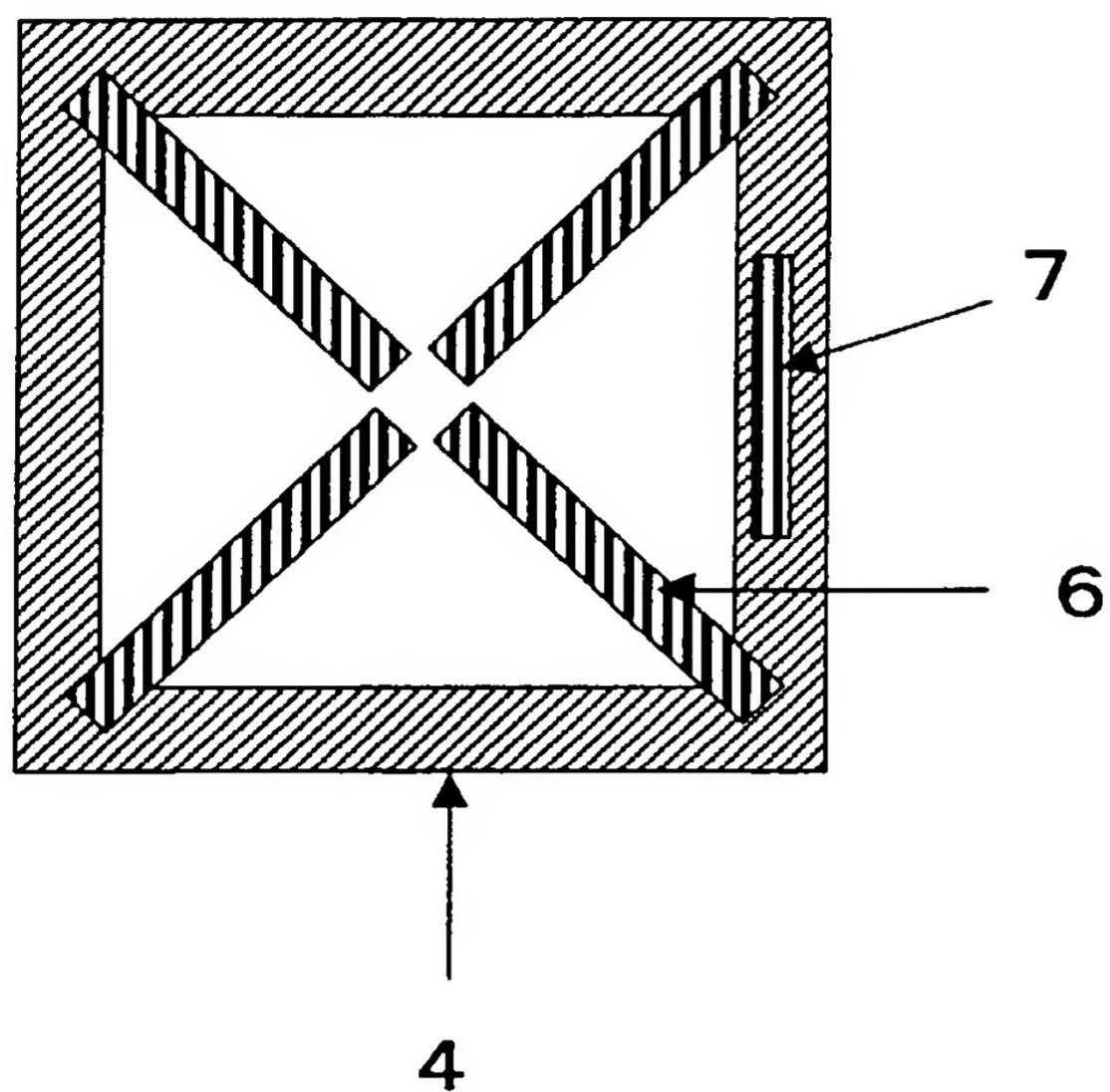
【図1】



【図2】



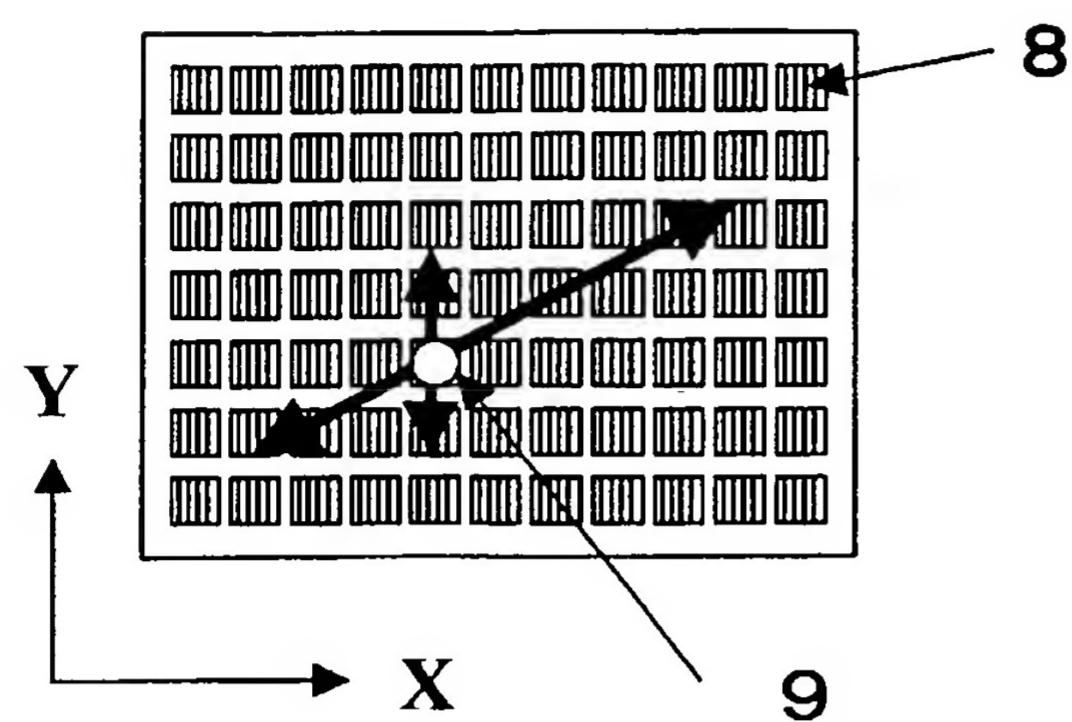
【図3】



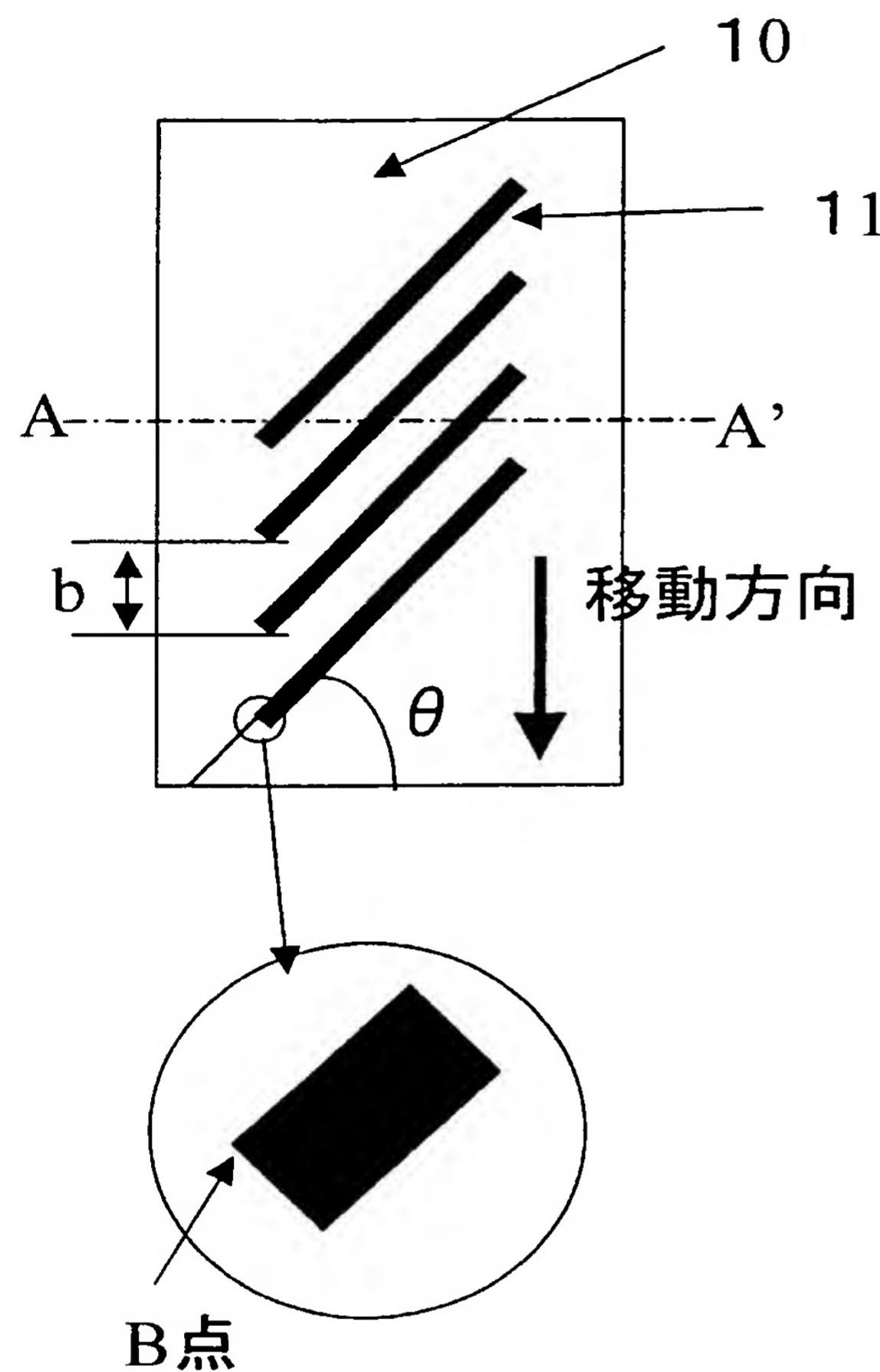
【図4】



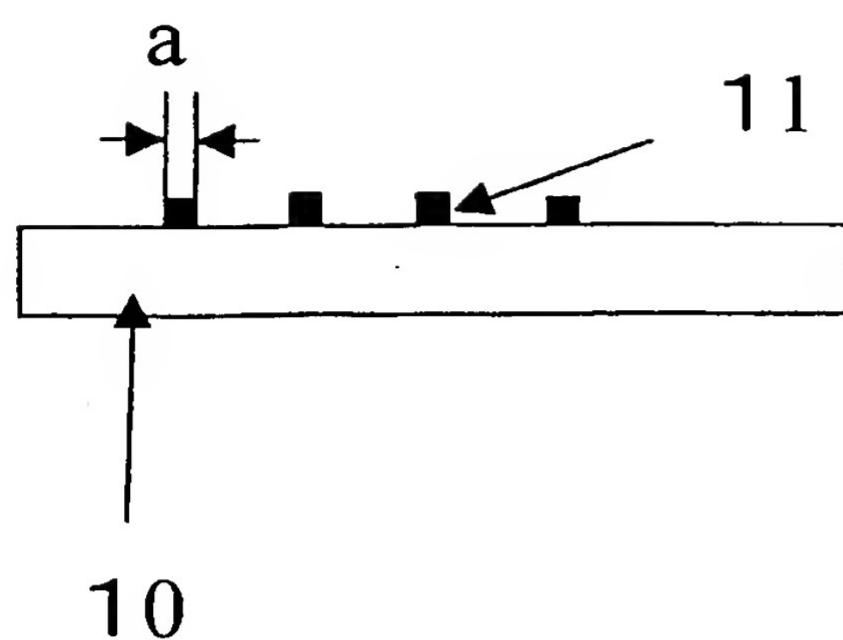
【図5】



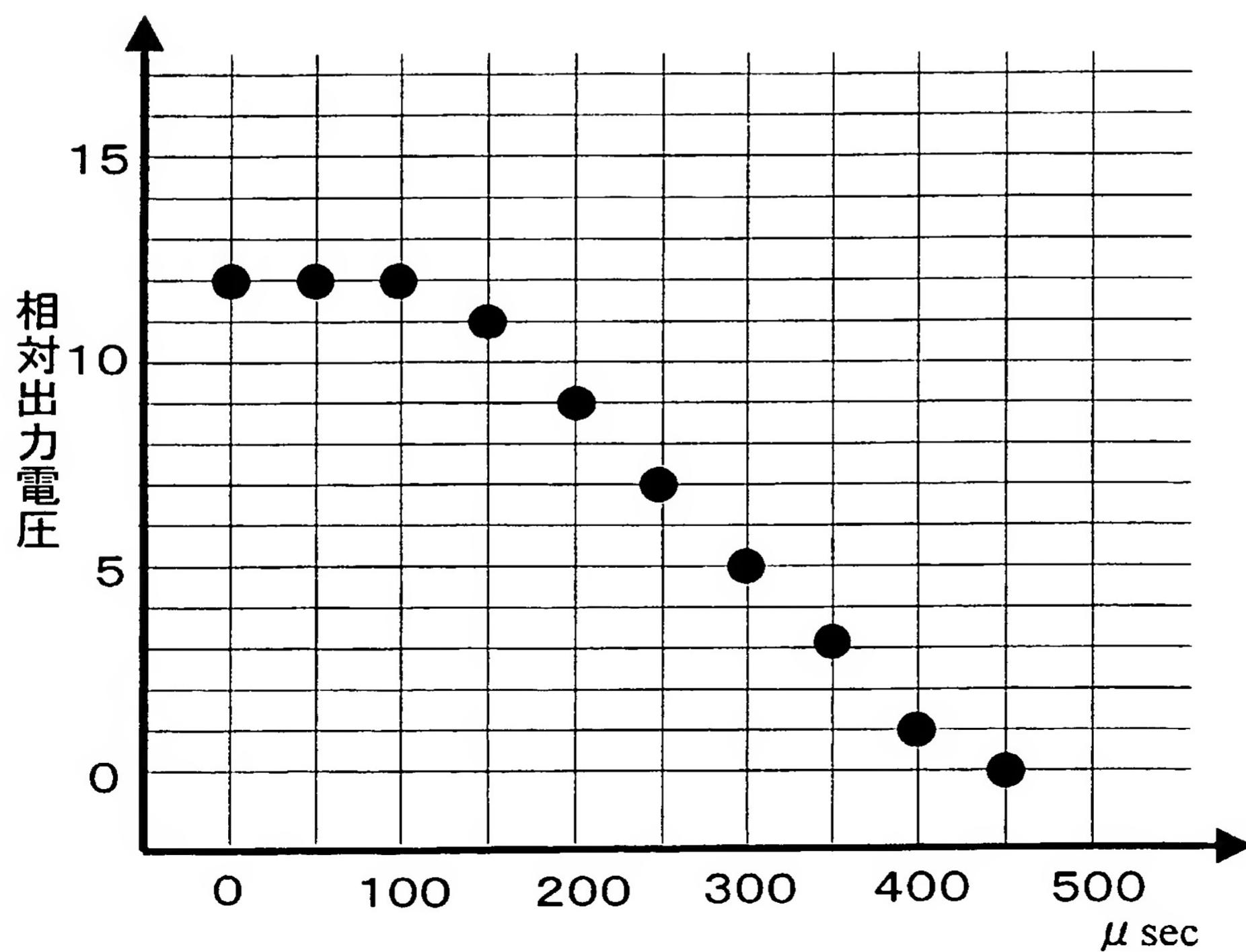
【図6】



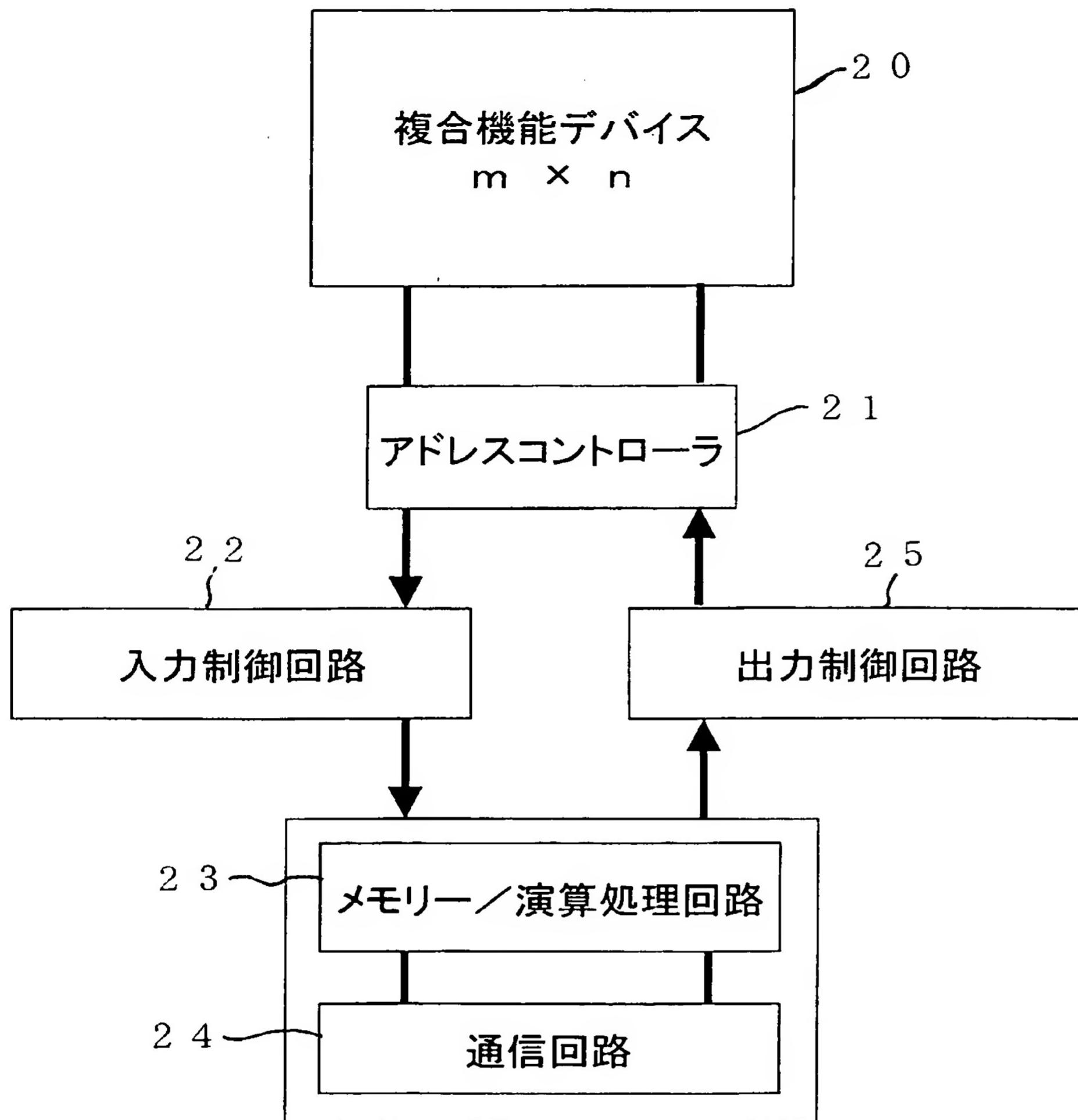
【図7】



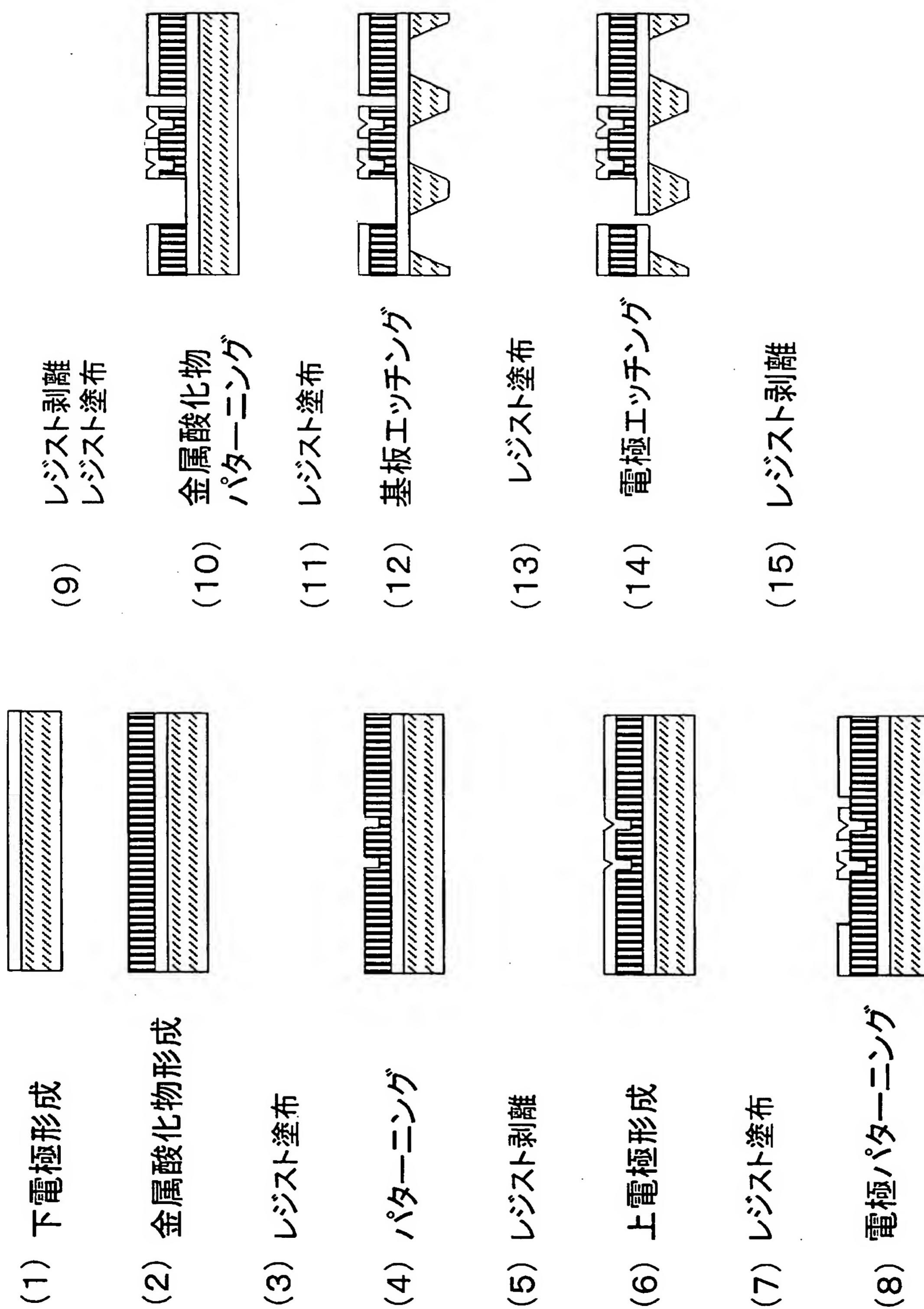
【図8】



【図9】



(図 10)



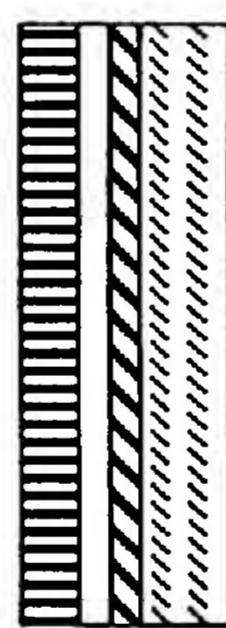
(図11)



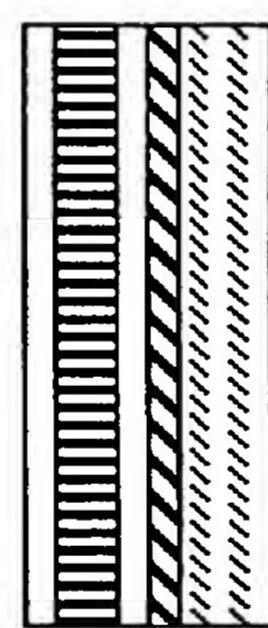
(1) 弹性体形成



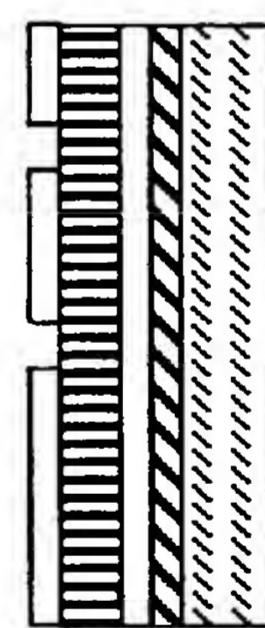
(2) 下電極形成



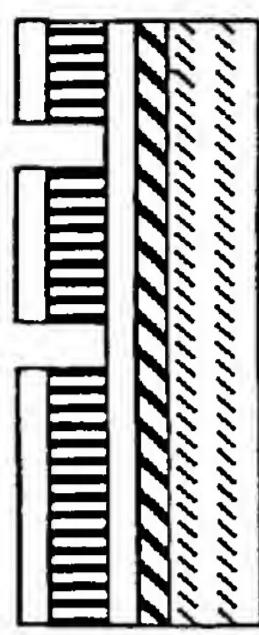
(3) 金属酸化物形成



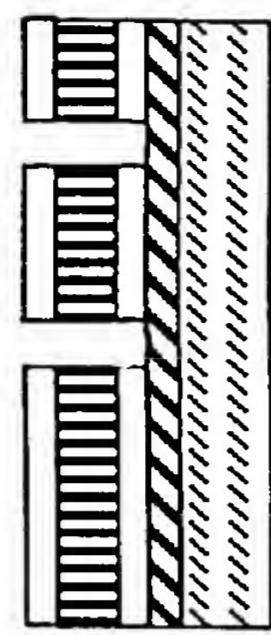
(4) 上電極形成



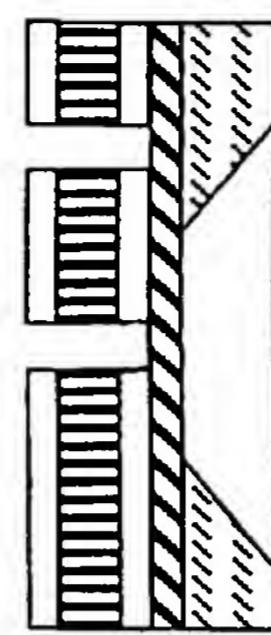
(5) レジスト塗布



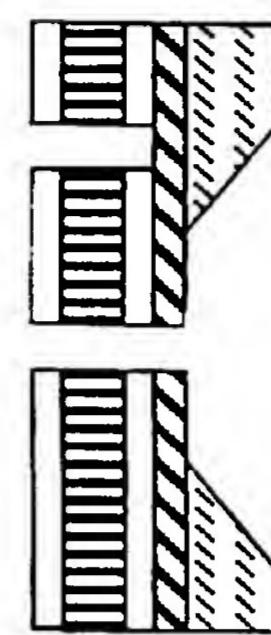
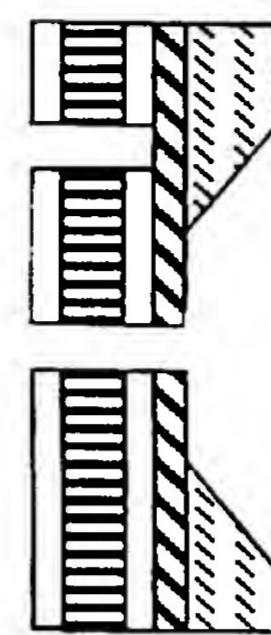
(6) 電極パターニング



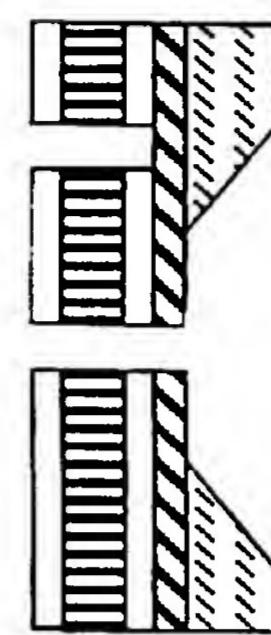
(7) パターニング



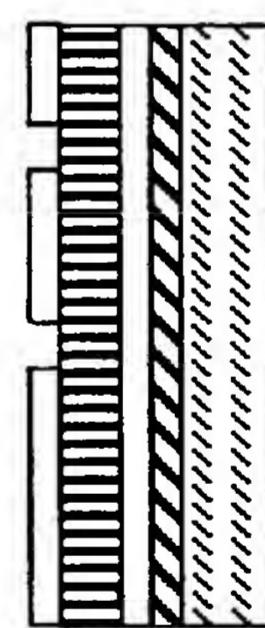
(8) 電極エッチング

(9) レジスト剥離
レジスト塗布

(10) 基板エッチング



(11) 弹性体エッチング



(12) レジスト剥離

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度や圧力等の各種触覚情報について、各種の凹凸パターン、紙などの表面状態、情報機器への入力デバイスなど、異なる分野の幅広い用途に人間の持つ触覚により近い情報処理を安易にデバイスを損ねることなく可能とする。

【解決手段】 温度及び圧力のどちらに対しても応答する強誘電体あるいは焦電体を用いて、同一の触覚情報素子により温度、圧力という複数の情報を同時に取り扱う。更に、情報を検出するだけでなく、強誘電体あるいは焦電体を片持ち梁または両持ち梁という宇宙構造上に設けることにより、検出した情報の一部またはすべてを外部電源による制御で表現する。

【選択図】 図1

特願2002-245299

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社